

Nagy Júlia<sup>1</sup> – Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Pieczka Ildikó – Breuer Hajnalka – Hufnágel Levente

**A KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ REGIONÁLIS HATÁSÁNAK ELEMZÉSE AZ EURÓPÁBAN ÉLŐ  
SZÁRAZFÖLDI EMLŐSÖK ÉLŐHELYÉRE AZ ENSEMBLES SZIMULÁCIÓK  
FELHASZNÁLÁSÁVAL <sup>2</sup>**

**BEVEZETÉS**

A globális klímaváltozás az emberi szervezet és közvetlen környezete mellett komoly hatást gyakorol a vadon élő állatok élőhelyeire is. Williams et al. (2007) korábbi elemzése szerint, melyek az A2 scenáriót (Nakicenovic és Swart, 2000) vették figyelembe, a Föld szárazföldi területeinek 12-39%-án nagy valószínűséggel jelentős eltérésre számíthatunk a jelenlegi éghajlati viszonyokhoz képest. A klímaváltozás legdrasztikusabban a vadon élő állatok közül a habitat specialistákat és a kevésbé mozgékony fajokat érinti (Chen et al., 2011).

A Niche-elmélet alapján (Jackson és Overpeck, 2000) egy adott terület klimatikus viszonyainak megváltozása, szignifikáns változást okozhat az ökoszisztémában, illetve növeli az ott vadon élő állatok kihalásának esélyét. Beever et al. (2011) számításai szerint az amerikai pocoknyúl (*Ochotona princeps*) a XX. században évente átlagosan 13,1 méter/év gyorsasággal vándorol felfelé a hegyekben, és ez az ütem 145 méter/év-re emelkedett a 2000. óta eltelt egy évtizedben. Egy másik vizsgálat (Chen et al., 2011) alapján az Észak-Amerikában, Európában, Malajziában, illetve a Marion-szigeten vadon élő állatok elterjedési területe 10 évente 11 métert változott északi irányban, ami szintén a globális felmelegedés következményének tekinthető.

Korábbi vizsgálataink során (Nagy et al., 2011; Bartholy et al., 2012) a földrajzi analógia módszerének felhasználásával elemeztük az európai szárazföldi gerinces állatok (kétéltűek, hüllők, madarak, emlősök) klímaváltozás hatására valószínűsíthető jövőbeli migrációit a Kárpát-medence térségében. E kutatás célja, hogy az Európában vadon élő szárazföldi emlősök esetén megvizsgáljuk a klímaváltozás regionális hatásait az állatok élőhelyeire. Az európai emlősök jelenlegi élőhelyeire vonatkozó adatbázis, illetve az éghajlati szimulációk párhuzamosan történő elemzése lehetővé teszi az egyes emlősfajok klíma igény profiljának megállapítását. Továbbá következtetni lehet ezen élőlények érzékenységből a regionális melegedés és a csapadékviszonyok módosulásának mértékére.

**FELHASZNÁLT ADATBÁZISOK**

Az európai szárazföldi emlősfajok jelenlegi elterjedésére vonatkozó adatokat az ún. Atlas of European Mammals (Societas Europaea Mammalogica, <http://www.european-mammals.org/php/mapmaker.php>) adatbázisból nyertük, melyet 1999-ben állítottak össze (Mitchell-Jones et al., 1999), és azóta széles körben használják referenciaként. Ez az atlasz külön tartalmazza az egyes állatfajok 1970. előtt és után észlelt európai előfordulását. Az éghajlati információk, vagyis a hőmérsékleti és csapadékviszonyok jellemzésére szolgáló napi adatok az ún. E-OBS (Haylock et al., 2008) adatbázisból származnak, mely 25 km-es horizontális felbontású. Ez alapján az 1961-1990 éghajlati normálidőszakra jellemző éghajlati

<sup>1</sup> Nagy Júlia: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék,  
E-mail: [julcsi@nimbus.elte.hu](mailto:julcsi@nimbus.elte.hu)

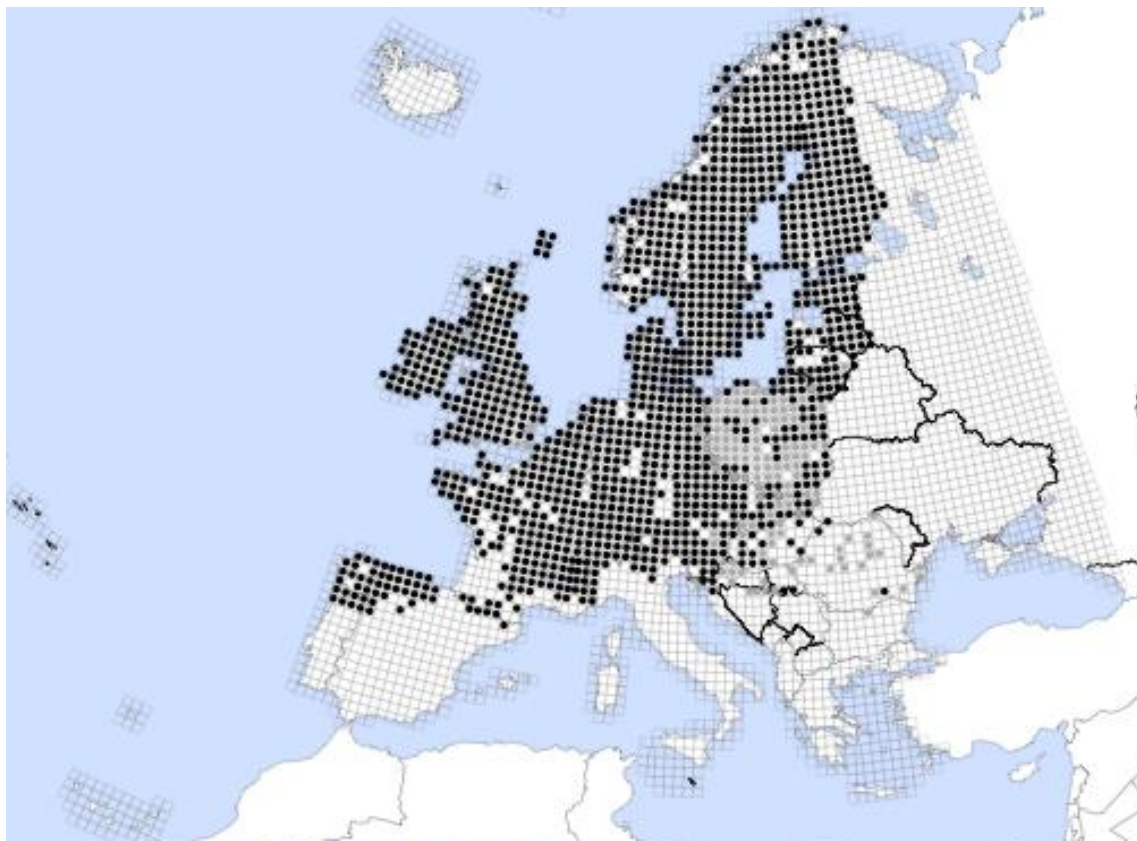
<sup>2</sup> A kutatást az OTKA K-78125 számú pályázata, valamint az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az „Európai Léptékkal a Tudásért, TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003 A felsőoktatás minőségének javítása a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás fejlesztésén keresztül”, az „Önálló lépések a tudomány területén” TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0030 és a BCE TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR/-2010-0005 pályázat támogatta.

viszonyokat vizsgáltuk.

A XXI. század közepére (2021-2050) és végére (2071-2100) vonatkozó hőmérsékleti és csapadékösszeg értékek az európai ENSEMBLES projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében végzett modellszimulációkból származnak. Az A1B scenárió (Nakicenovic és Swart, 2000) figyelembe vételével készült regionális modellszimulációk kimenő adatai 1951-2100 időszakra állnak rendelkezésre. Ezek alapján a Kárpát-medence térségére becsült változások egyértelműen hazai melegedést, valamint csapadékosabb teleket, s szárazabb nyarakat valószínűsítene (Pongrácz et al., 2011). E cikkben bemutatott elemzés során a Holland Királyi Meteorológiai Intézet (KNMI) által a RACMO modellel (van Meijgaard et al., 2008) végzett szimuláció hibakorrigált (Formayer és Haas, 2009) outputjait használtuk fel.

## MÓDSZERTAN

Jelen kutatásunk célja az európai szárazföldi emlősök XXI. század közepére, illetve végére várható regionális klímaváltozásra való érzékenységeinek vizsgálata volt. Az elemzés során egy összehasonlító esettanulmányt végeztünk a *Mustela erminea* (hermelin) példáján (1. ábra), továbbá minden Európában élő szárazföldi emlősfajnak meghatároztuk a klíma igény profilját.



1. ábra: A *Mustela erminea* jelenlegi elterjedése Európában az *Atlas of European Mammals* alapján (a fekete pontok az állat 1970. utáni elterjedését jelölik, míg a szürkék az 1970. előtti észleléseket)

Egy állatfaj jelenlegi elterjedésének abiotikus okai közül négy klimatikus indikátort (napi középhőmérséklet, napi minimumhőmérséklet, napi maximumhőmérséklet, napi csapadékösszeg) vettünk figyelembe, melyek átlagos éves értékének gyakorisági eloszlását vizsgáltuk az adott emlősfaj elterjedési pontjain. Ezen hisztogramok meghatározott percentiliseit véve az átlagra szimmetrikus konfidencia-intervallumokat határoztunk meg az optimumtól való távolság jellemzésére. Végül térképeken ábrázoltuk a múltat (1961-1990)

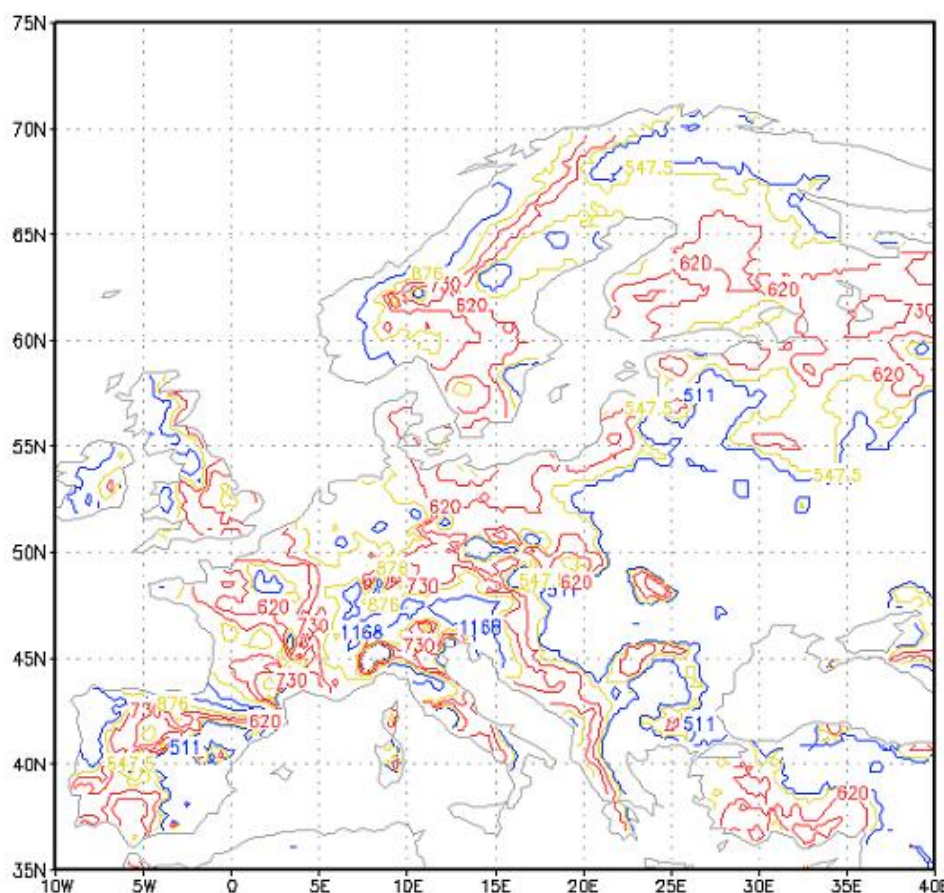
vonatkozó indikátorokat, valamint a szimulációk alapján a XXI. század közepére (2021-2050), illetve végére (2071-2100) valószínűsíthető változásokat az adott emlősfaj élőhelyeire. Az érzékenységvizsgálat ezen típusa lehetőséget ad a veszélyeztetett állatfajok kijelölésére, és azok élőhelyeinek részletesebb elemzésére.

Az elemzések során alkalmazott konfidencia-intervallumok az alábbiak:

- 20%, azaz a 40. és a 60. percentilis által meghatározott tartomány (mely az optimumhoz legközelebb lévő intervallumot jelöli ki), a térképen pirossal berajzolva;
- 50%, azaz a 25. és a 75. percentilis (alsó, illetve felső kvartilis) által meghatározott tartomány, a térképen sárgával berajzolva;
- 80%, azaz a 10. és a 90. percentilis (alsó, illetve felső decilis) által meghatározott tartomány, a térképen kékkel berajzolva.

## EREDMÉNYEK

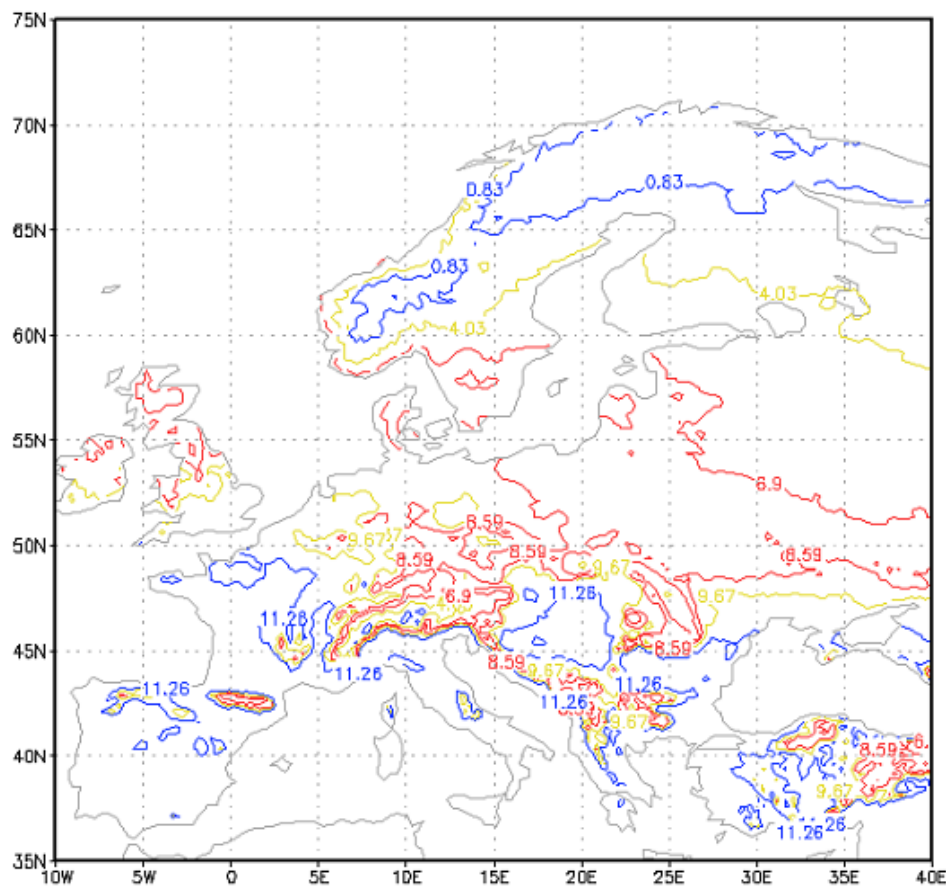
E cikkben példaként a *Mustela erminea* (hermelin) fajra vonatkozó eredményeket mutatjuk be. Az 1961-1990 időszakra az E-OBS adatbázis alapján meghatározott 10., 25., 40., 60., 75. és 90. percentilis értékei a napi középhőmérséklet évi átlagaira rendre: 0,83 °C, 4,03 °C, 6,9 °C, 8,59 °C, 9,67 °C és 11,28 °C. Így a legszélesebb intervallum 10,45 °C-os tartományt ölel fel, a legszűkebb pedig ennek mintegy az egyhatodát, 1,69 °C-ost. A fenti vizsgált percentilisek az évi csapadékösszegre: 511 mm, 547,5 mm, 620 mm, 730 mm, 876 mm és 1168 mm. Tehát a legszélesebb intervallum 657 mm-es tartományt fed le, a legszűkebb pedig szintén ennek mintegy az egyhatodát 110 mm-est.



2. ábra: A *Mustela erminea* évi csapadékösszeg igényének térképe az 1961-1990 időszak megfigyelései alapján



Az E-OBS megfigyeléseken alapuló adatbázis felhasználásával kirajzolt térképekről (2. és 3. ábra) a következő olvasható le: a múltra vonatkozó megfigyelt évi csapadékösszeg magyarázza a *Mustela erminea* jelenlegi európai elterjedésének keleti határát (2. ábra), míg a megfigyelt napi középhőmérséklet éves átlaga az állat elterjedésének észak-déli határait rajzolja ki (3. ábra). E két klimatikus indikátor együttes elemzése tehát jól kirajzolja a *Mustela erminea* jelenlegi elterjedését Európában.

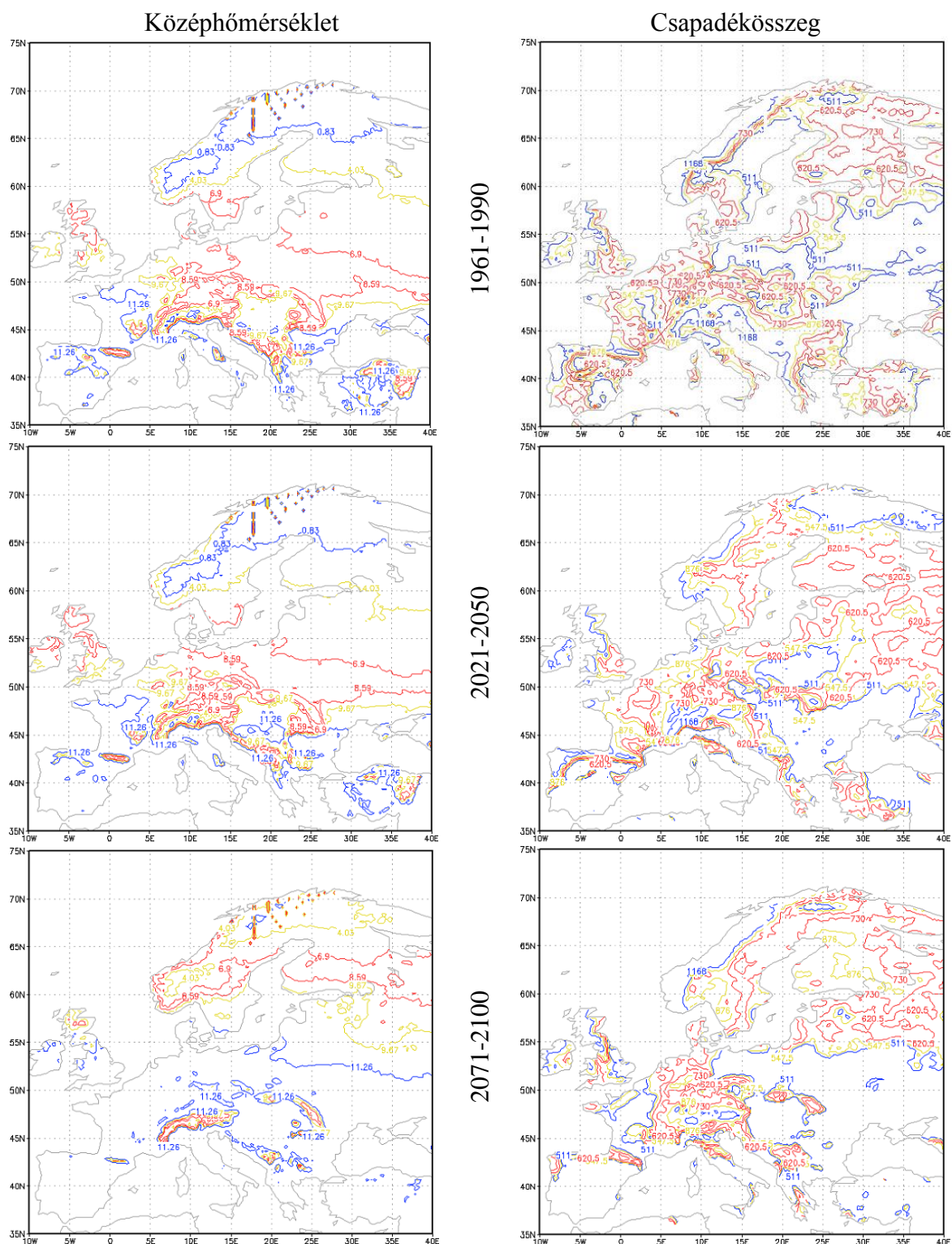


3. ábra: A *Mustela erminea* napi középhőmérséklet évi átlagára vonatkozó igény-térképe az 1961-1990 időszak megfigyelései alapján

A modellszimulációk a XXI. század közepére (2021-2050), illetve végére (2071-2100) jelentős északra tolódást mutatnak a *Mustela erminea* optimális klímaigényét tekintve (4. ábra), ami valószínűsíthetően a globális felmelegedés következménye. A térképsorozat alapján ezen változások a *Mustela erminea* jelenlegi habitatjának vesztesével is együtt jár.

Valamennyi európai szárazföldi emlősre fajonként külön-külön elvégeztük az élőhelyek minőségváltozásának elemzését mind a XXI. század közepére (2021-2071), mind a végére (2071-2100). Az így kapott várható változások eloszlása az 5. ábrán látható összegezve. Az összes európai szárazföldi emlősfajt tekintve valószínűsíthető, hogy 46%-ának javuló, míg 48%-ának romló életkörülményekkel kell szembenéznük a XXI. század végére. Javuló életkörülmények prognosztizálhatók többek közül például a *Talpa caeca* (földközi-tengeri vakond), a *Rhinolophus mehelyi* (méhely patkósdenevér), a *Clethrionomys fufocanus* (deres erdei pocok), valamint a *Sciurus anomalus* (perzsa mókus) esetén. Az élőhelyek csökkenése többek közül például a *Sicista betulina* (északi szöcskeegér), a *Suncus etruscus* (etruszk cickány), a *Cricetulus migratorius* (szürke hörcsög) és a *Ursus arctos* (barna medve) esetén lesz jellemző. A vizsgált 193 faj mintegy 1%-ára változatlan, 5%-ára pedig statisztikailag értelmezhetetlen eredményt kaptunk, mivel túl kis méretű az elterjedési

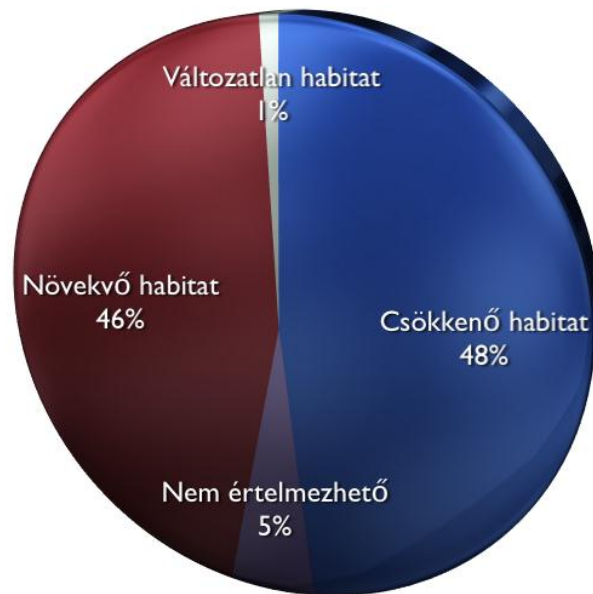
területük ezen emlősfajoknak, s így az általunk használt módszerrel nem elemezhető a változás.



4. ábra: A *Mustela erminea* napi középhőmérséklet és csapadékösszeg igényének térképei az 1961-1990, a 2021-2050 és a 2071-2100 szimulációs időszakokra

Az emlősök esetén az egyes fajok nagyon különböző módon reagálnak a változó éghajlati viszonyokra, ezért a különböző mértékű klímaváltozás egyes fajok számára kedvezőbb, mások számára hátrányos következményekkel jár. Így összességében

megállapítható, hogy a század közepéig ugyan nem várható jelentősebb változás az életkörülményekben, azonban a század végére már jelentős romlás prognosztizálható sok faj esetében.



5. ábra: Az Európában élő szárazföldi emlősök élőhelyeinek minőségváltozása a XXI. század végére (2071-2100), referencia időszak: 1961-1990

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- BARTHOLY J, PONGRÁCZ R, NAGY J, PIECZKA I, HUFNÁGEL L. 2012. Regional climate change impacts on wild animal's living territory in Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research* 10: 107–120.
- BEEVER EA, RAY C, WILKENING JL, BRUSSARD PF, MOTE PW. 2011. Contemporary climate change alters the pace and drivers of extinction. *Global Change Biology* 17: 2054–2070.
- CHEN IC, HILL JK, OHLERMÜLLER R., ROY DB, THOMAS CD. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333: 1024–1026.
- FORMAYER H, HAAS P. 2009. Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project) <http://www.cecilia-eu.org/>
- HAYLOCK MR, HOFSTRA N, KLEIN TANK AMG, KLOK EJ, JONES PD, NEW M. 2008. A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. (Atmospheres)* 113: D20119. doi 10.1029/2008JD10201
- JACKSON, S.T., OVERPECK, J.T. 2000. Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. In: *Deep Time: Paleobiology's Perspective*, D.H. Erwin and S.L. Wing, eds., Paleobiology, 26 (Supplement No. 4): 194–220.
- VAN DER LINDEN P, MITCHELL JFB (ed). 2009. *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. UK Met Office Hadley Centre, UK. 160p.

- VAN MEIJGAAR E, VAN ULFT LH, VAN DE BERG WJ, BOSVELD FC, VAN DEN HURK BJJM, LENDERINK G, SIEBESMA AP. 2008. The KNMI regional atmospheric climate model RACMO version 2.1. Technical Report, 43.
- MITCHELL-JONES AJ, AMORI G, BOGDANOWICZ W, KRYSTUFEK B, REIJNDERS PJH, SPITZENBERGER F, STUBBE M, THISSEN JBM, VOHLARIK V, ZIMA J. 1999. The Atlas of European Mammals. T A & D Poyser, London, 484p.
- NAGY J, BARTHOLY J., PONGRÁCZ, R., PIECZKA, I., HUFNÁGEL, L. 2011. A klímaváltozás várható regionális hatása a vadon élő állatok élőhelyére Közép-Európa térségében. In: X. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia - Előadások (szerk: Mesterházy, B.), Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely. CD ROM 8p.
- NAKICENOVIC N, SWART R (ed). 2000. Emissions Scenarios. A special report of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, UK. 570p.
- PONGRÁCZ R, BARTHOLY J, MIKLÓS E. 2011. Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. Applied Ecology and Environmental Research 9: 387–398.
- WILLIAMS JW, JACKSON ST, KUTZBACH JE. 2007. Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 5738–5742.